

Князев С.Т., Лагунов Е.В., Шабунин С.Н.

Knyazev S.T., Lagunov E.V., Shabunin S.N.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УСТРОЙСТВ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

NEW TECHNOLOGIES OF STUDENT TRAINING IN MICROWAVE RADIO

ENGINEERING AND ANTENNA DESIGN

shab313@ya.ru

*ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»*

г. Екатеринбург

Сообщается о разработанной технологии обучения студентов радиотехнических специальностей навыкам сквозного проектирования СВЧ устройств и антенн с использованием современного программного продукта и измерительной аппаратуры.

Stage-by-stage design technology for radio frequency engineering training for students is developed. An experience of advanced technique and software using in RF and antenna design is under discussion.

За последнее время институты и университеты пополнились парком современной аппаратуры и программным обеспечением. В основном это явилось результатом участия вузов в инновационных программах правительства страны. Не стал исключением и Уральский государственный технический университет. Настоящее сообщение обобщает опыт внедрения полученного оборудования в учебный процесс кафедры Высокочастотных средств радиосвязи и телевидения УГТУ-УПИ.

Кафедра проводит обучение студентов направлений подготовки «Радиотехника» и «Телекоммуникации» по дисциплинам «Электродинамика и распространение радиоволн», «Электромагнитные поля и волны», «Устройства СВЧ и антенны», «Генерирование и формирование сигналов» и ряду других. Особенностью преподавания дисциплин, связанных с теорией и техникой электромагнитного поля, является большая доля абстракции в описании происходящих явлений. Например, достаточно трудно для студентов представить структуру электромагнитного поля в волноводе или объемном резонаторе, распределение тока по поверхности антенны в режиме излучения или приема, эффекты дифракции электромагнитных волн на объектах и т.п.

Современный программный продукт наряду с высокой эффективностью применения при проектировании высокочастотных устройств обладает хорошими и доступными для визуального анализа анимационными возможностями интерпретации распределения электромагнитного поля и поверхностных электрических токов на элементах конструкций. Это позволяет лучше понять физические процессы, происходящие в устройствах, легче принять рациональные решения по стратегии их проектирования.

На кафедре ВЧСРТ применяются широко известные программные продукты мировых лидеров компьютерного проектирования, такие как HFSS, FEKO, CST Microwave Studio, AWR Design Environment и Wireless Insite.

На втором курсе в рамках дисциплины «Электромагнитные поля и волны» студенты знакомятся с азами компьютерного проектирования, выполняя лабораторные работы по расчету конструкций микрополосковых и коаксиальных линий. На третьем курсе в рамках дисциплины «Устройства СВЧ и антенны» студенты рассчитывают простейшие цепи согласования с использованием четвертьволновых трансформаторов, полосно-пропускающие микрополосковые фильтры, делители мощности, конструкции несложных антенн. На четвертом курсе студенты получают навыки проектирования фазовращателей, печатных антенн, СВЧ усилителей. К этапу дипломирования студенты приобретают все необходимые навыки по самостоятельному проектированию сложных изделий, например, фазированных антенных решеток или Wi-Fi передатчиков.

В качестве примера, показывающего высокую наглядность получаемых результатов, на рис.1,2 показаны рупорная антенна и распределение поля в ее раскрытии, рассчитанное в среде проектирования FEKO. Отчетливо видно распределение поля с максимальной напряженностью в середине раскрытия. Кроме того, видно и некоторое отличие от обычно принятого классического распределения вблизи кромок рупора.

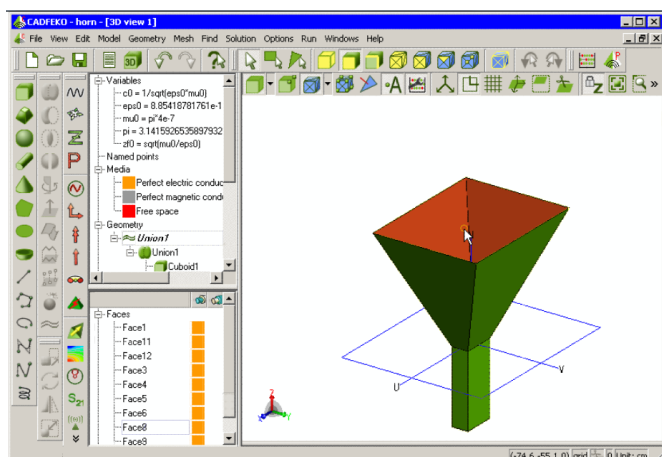


Рис. 1. Модель рупорной антенны

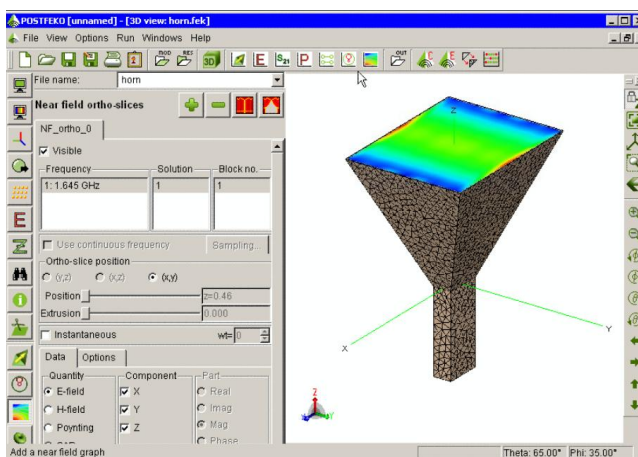


Рис. 2. Распределение поля в раскрытии

Среда компьютерного проектирования AWR Design Environment достаточно эффективно позволяет проектировать микрополосковые конструкции СВЧ устройств и антенн. В режиме электродинамического моделирования появляется возможность наблюдать распределение тока по проводникам конструкции и поля в слоях. На рис.3,4 показана 4-элементная микрополосковая антенна на частоту 10,5 ГГц, спроектированная в среде AWR Design Environment. Программа позволяет в режиме анимации наблюдать перемещение максимумов амплитуды тока вдоль линий, распределение тока по микрополосковым излучателям. Хорошо видно резонансное увеличение амплитуды тока на рабочей частоте. Кроме того,

видна ориентация элементарных токов, что особенно важно при проектировании антенн круговой поляризации.

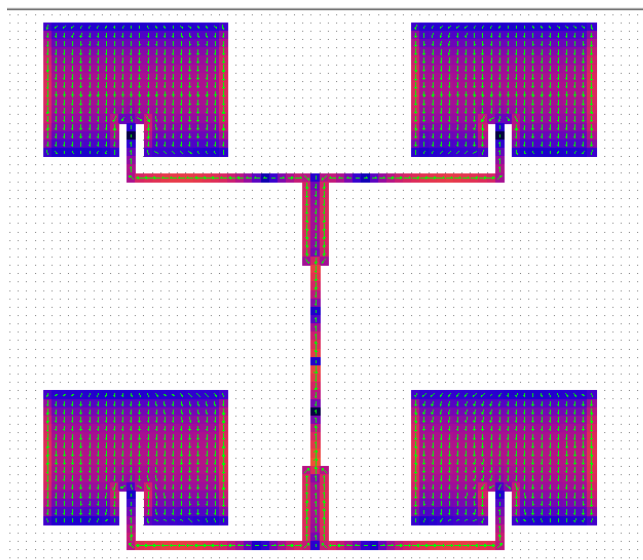


Рис. 3. 4. элементная микрополосковая антенная решетка

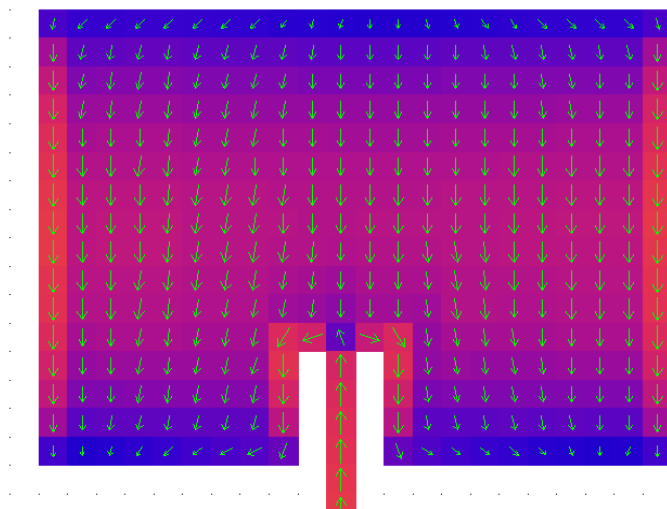


Рис. 4. Распределение поля по прямоугольному излучателю

Процесс проектирования завершен, определены размеры элементов антенной решетки, рассчитана ее диаграмма направленности, определены частотные свойства антенны. На следующем этапе выполняется макетирование. Топология 4-элементной микрополосковой антенной решетки на частоту 10,5 ГГц, выполненной на материале IS640 толщиной 0,76 мм, показана на рис.5.

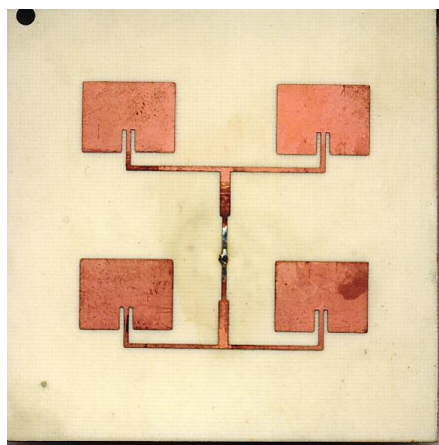


Рис. 5. 4. Элементная антенная решетка

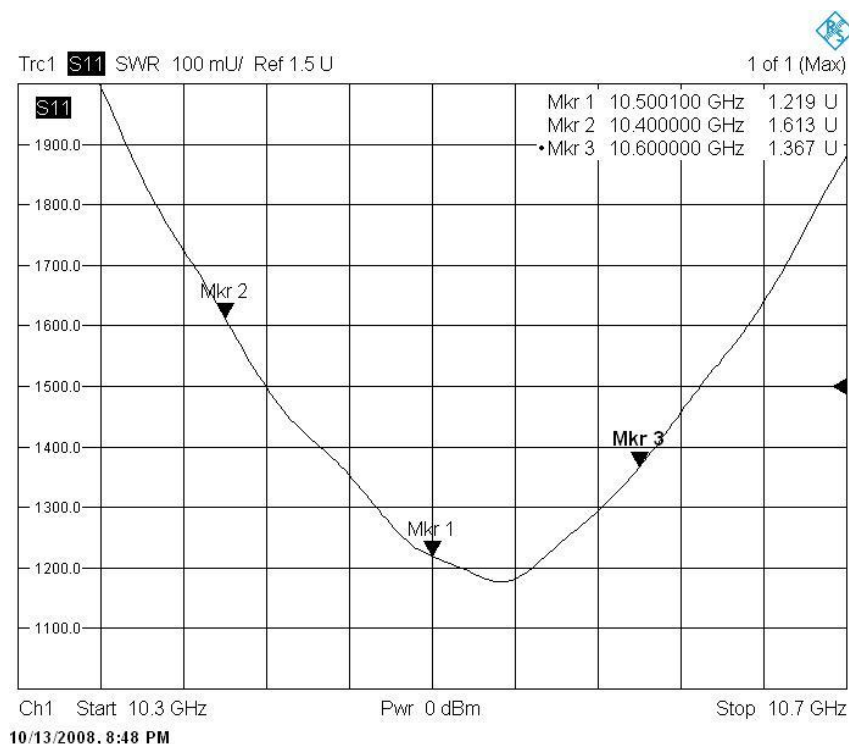


Рис. 6. Частотная зависимость КСВ на входе микрополосковой антенной решетки

Процесс создания антенны заканчивается экспериментальными исследованиями ее характеристик (рис.6). Исследования выполняются на векторном анализаторе параметров цепей ZVA24 известной фирмы «Rohde&Schwarz».

Современная измерительная техника, в частности векторные анализаторы ZVA24, позволяет получать частотные зависимости различных характеристик микроволновых устройств: входного сопротивления, коэффициента отражения, коэффициента стоячей волны и др. в удобном для дальнейшей обработки формате JPEG, в том числе передаваться по компьютерным сетям. Результаты измерения частотных свойств КСВ смоделированной антенны показаны на рис.6. Анализатор ZVA24 может управляться дистанционно через интерфейсы GPIB или LAN. Передача данных в компьютер и из компьютера в прибор осуществляется через USB, GPIB или LAN порты. Возможность управлять прибором дистанционно позволяет широко использовать его в учебном процессе без опасности порчи дорогостоящей аппаратуры.

Таким образом, разработана технология формирования у студентов навыков сквозного процесса проектирования высокочастотных устройств от оценочных приближенных расчетов до измерения полученных характеристик после этапа макетирования через этап компьютерного проектирования и визуальный анализ моделируемых параметров. Каждый этап сопровождается соответствующей учебно-методической литературой. Данный подход позволяет формировать у выпускников навыки не только теоретических расчетов, но и практический опыт проектирования реальных устройств.

Аналогичная методика используется и в курсе «Генерирование и формирование сигналов». Навыки компьютерных методов проектирования радиоэлектронных устройств и их узлов формируются при выполнении лабораторных работ и курсовых проектов в средах AWR Design Environment и OrCAD. Практические навыки измерения характеристик устройств приобретаются при выполнении лабораторного практикума на специальных стендах. Появление на кафедре стендов фирмы National Instruments позволило существенно расширить круг рассматриваемых задач, перейти к изучению не только аналоговых способов формирования и обработки сигналов, но и к цифровым системам. Интегрированные аппаратные и программные средства среды LABVIEW позволяют продуктивно и наглядно изучать методы амплитудной, частотной и фазовой модуляции, квадратурные модуляторы, методы расширения спектра и формирования сигналов в системах с шумоподобными сигналами. Элементы схем могут быть как эмулированными на экране программными средствами, так и быть натурными в лабораторных стендах. В настоящее время разрабатывается методическое обеспечение по использованию аппаратуры фирмы National Instruments и программы LABVIEW при изучении дисциплины «Устройства генерирования и формирования сигналов».